

AA

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-282226

(43)Date of publication of application : 19.11.1990

(51)Int.Cl.

G02F 1/35

H04B 10/02

(21)Application number : 01-104037

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 24.04.1989

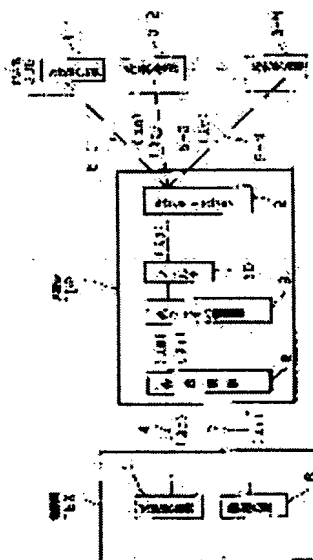
(72)Inventor : SANO KOICHI
AOYANAGI SHINICHI
KIKUSHIMA KOJI

(54) SYSTEM FOR COMPENSATING OPTICAL BRANCHING LOSS

(57)Abstract:

PURPOSE: To allow the packaging at a higher density and the reduction of a size and cost and to compensate a light loss by connecting a rare earth element-added optical fiber amplifier for amplifying the exit/incident light in a port according to the intensity of incident exciting light to one port side.

CONSTITUTION: The signal light transmitted from a light transmitter/receiver 1 of a central telephone exchange TEX arrives at a bright line point FDP while being subjected to an attenuation effect in an optical fiber 4. On the other hand, the exciting light emitted from a light source 6 passes the optical fiber 7 and arrives at the bright line point FDP. This light is multiplexed with the signal light in an optical multiplexer/demultiplexer 8. The multiplex light is made incident to the optical fiber amplifier 9 where the signal light is amplified by a prescribed gain. The amplified signal light is made incident through the filter 10 to one port on the central telephone exchange TEX side of an optical star coupler 2 where the light is branched by N. The branched light rays are propagated in the respective optical fibers 5-1 to 5-N and are received in respective light transmitter/receivers 3-1 to 3-N on a subscriber SUB side. The exciting light is shut off in the filter 10 and is thereby prevented from arriving at the optical star coupler 2.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-282226

⑬ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)11月19日

G 02 F 1/35
H 04 B 10/02

7348-2H

8523-5K H 04 B 9/00

U

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全8頁)

⑮ 発明の名称 光分岐損失補償方式

⑯ 特 願 平1-104037

⑰ 出 願 平1(1989)4月24日

⑱ 発 明 者 佐 野 浩 一 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 発 明 者 青 柳 慎 一 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑳ 発 明 者 菊 島 浩 二 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

㉑ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉒ 代 理 人 弁理士 吉田 精孝

明 細 書

1. 発明の名称

光分岐損失補償方式

2. 特許請求の範囲

一方のポート数が1、他方のポート数がN(N=2, 3, ...)である光スターカブラを用いたスター・バス形式の光ファイバ伝送系の光分岐損失補償方式において、

前記一方のポート側に、入射される励起光強度に応じてポートにおける入出射光を増幅する希土類元素添加光ファイバ増幅器を接続した

ことを特徴とする光分岐損失補償方式。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、1 x N光スターカブラを用いたスター・バス形式の光ファイバ伝送系に適用される光分岐損失補償方式に関するものである。

(従来の技術)

第2図は、1 x N光スターカブラを用いたスター・バス形式の光ファイバ伝送系の基本構成を示

す図である。第2図において、1は電話局TEXに配置された光送受信器、2はき線点FDPに配置された1 x N光スターカブラ、3-1~3-Nは各加入者SUBに配置された光送受信器である。

1 x N光スターカブラ2は、電話局TEX側のポート数が1、加入者SUB側のポート数がNであり、電話局TEXの光送受信器1とは1本の光ファイバ4により接続され、N個の各ポートは各加入者SUBの光送受信器3-1~3-NとN本の光ファイバ5-1~5-Nによりそれぞれ接続されている。また、送受信される信号光の波長は λ_0 である。

このような構成において、電話局TEXの光送受信器1から送出された信号光は、光ファイバ4を伝搬された後、光スターカブラ2に入射され、N分岐される。これらN分岐された各信号光は、光ファイバ5-1~5-Nをそれぞれ伝搬されて、加入者SUB側の各光送受信器3-1~3-Nにて受信される。

一方、加入者SUBの光送受信器3-1~3-

Nから送出された信号光は、上記とは逆の経路を伝送される。即ち、各光ファイバ5-1~5-Nを伝搬された後、光スターカップラ2に入射され、合流される。合流された信号光は、光ファイバ4を伝搬されて、電話局T E Xの光送受信器1にて受信される。なお、このとき、合流される各信号光は、光ファイバ4を伝搬中に互いに衝突しないように、例えば、時分割多元接続(T D M A)方式が適用される。

このように、光スターカップラを用いたスター・バス形式の光ファイバ伝送系は、同一信号光を複数の加入者S U Bに同時に分配できるため、C A T Vのような放送型の光通信網に適している。また、必要とする光ファイバ4の長さを節約でき、光加入者系、光L A Nといった光通信分野への適用を目指して、活発な研究が行なわれている。

しかし、この構成において避けられない問題は、光スターカップラ2にてN分岐されると、信号光の光電力もN分の1になるということである。即ち、光スターカップラ2は、信号光をN分岐すると同時

- 3 -

あった。従って、例えば、光伝送路途中に給電回路を設けたくない場合には、光増幅器は各光受信器に個別に設ける必要があり(光増幅器は入力光強度が大きいと飽和するため、光送信器に設置しても増幅効果はない)、また、偏波保持用の特殊な光回路が必要であり、これでは、部品点数の増加を招き、ひいてはシステムのコスト高を招くという欠点があった。

一方、ファイバラマン増幅器やファイバブリリアン増幅器は、励起は光パワーであり、光ファイバ型の増幅器であるために、光ファイバとの接続損失が小さいといった利点を有するものの、分布型の光ファイバ増幅器であるため、光ファイバ長を長めに設定する必要がある。また、偏波依存性を有するので、偏波保持用の特殊な回路が必要となり、小型化が困難であり、実装密度の低下並びにコスト増を招くという問題点があった。

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、高密度実装を実現し得る小型にして簡易な構成にて光損失を補償でき、しかも、

に、 $10 \cdot \log(N)$ (dB)の光分岐損失を与える。これは、光ファイバ1 km当たりの損失を1 dBとしたときには、伝送距離が $10 \cdot \log(N)$ km短くなることを示している。

この問題の良好な解決策は、第2図の構成において、信号光の光損失を補償し得る光増幅器を、伝送路に挿入する、いわゆる光分岐損失補償方式を採用することである。

従来、この光分岐損失補償方式に適用可能な光増幅器としては、半導体光増幅器、ファイバラマン増幅器、ファイバブリリアン増幅器等があった。(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、上記各光増幅器は、どちらかというとき長距離大容量光伝送用、即ち、光中継系向きであり、高密度実装及び低コスト化が必須の光加入者系には不向きであった。

例えば、半導体光増幅器は、小型に構成できるという利点を有するものの、励起は電気(電流)であり、かつ、偏波依存性を有し、さらには、光ファイバとの結合損失が大きいといった問題点が

- 4 -

光ファイバ伝送系のシステムコストの低減をも図れる光分岐損失補償方式を提供することにある。

(課題を解決するための手段)

上記目的を達成するため、本発明では、一方のポート数が1、他方のポート数がN(N=2, 3, …)である光スターカップラを用いたスター・バス形式の光ファイバ伝送系の光分岐損失補償方式において、前記一方のポート側に、入射される励起光強度に応じてポートにおける入出射光を増幅する希土類元素添加光ファイバ増幅器を接続した。(作用)

本発明によれば、光ファイバ伝送路を伝搬され、この光ファイバを伝搬するに伴い、一定の減衰作用を受けた信号光は、次に、希土類元素添加光ファイバ増幅器に入射される。

このとき、励起光が所定の強度をもって希土類元素添加光ファイバ増幅器に入射されていると、励起光は希土類元素添加光ファイバ増幅器を伝搬中に光ファイバに添加されている希土類元素を励起する。これに伴い、信号光は所定の利得をもつ

て増幅されて、低下した強度が回復される。

このように、増幅作用を受けた信号光は、希土類元素添加光ファイバ増幅器を出射後、光スターカブラの一方側の1個のポートに入射され、ここでN分岐される。このとき、信号光は光分岐損失を受けることになるが、信号光は希土類添加光ファイバ増幅器を通過中に増幅作用を受けているため、この光分岐損失は、以後の信号光の伝送への影響を与えることはなく、補償されている。

次に、これらN分岐された各信号光は、他方側のN個の各ポートよりそれぞれ出射され、次段のN本の光ファイバ伝送路をそれぞれ伝搬される。

一方、N本の光ファイバ伝送路を伝搬されてきた信号光は、上記とは逆の経路を伝送され、光スターカブラにて合流された後、1本の光ファイバ伝送路を伝搬される。

(実施例)

第1図は、本発明に係る光分岐損失補償方式を採用した光ファイバ伝送系の第1の実施例を示す構成図であって、基本構成を示す第2図と同一構

— 7 —

された励起光とを合流する。

9は希土類元素添加光ファイバ増幅器(以下、光ファイバ増幅器という)で、光ファイバに希土類元素、例えばエルビウム(以下、Erと表記する)を所定の濃度で添加して構成されている。この光ファイバ増幅器9は、光合波器8の合波光出射側に接続されており、励起光が所定の強度で入射されていると信号光を所定の利得(〜25dB)をもって増幅し、その長さは、数m〜数十mに設定される。

なお、利得のある波長或は、光ファイバに添加した希土類元素がErの場合、信号光の波長 λ_0 は1.53〜1.56 μm (励起光の波長 λ_1 は、〜1.48 μm)に制限され、また、利得の大きさにも制限があり、ある一定レベル(平均値換算で決まる)の光強度で励起光が入射されると利得が飽和する。(文献: K.Haginoto, et. al. "A 212 km NON-REPEATED TRANSMISSION EXPERIMENT AT 1.8Gb/s USING LD PUMPED Er³⁺-DOPED FIBER AMPLIFIERS IN AN INDIRECT-DETECTION REPEATE

— 9 —

成部分は同一符号をもって表す。即ち、TEXは電話局、FDPはき線点、SUBは加入者、1は電話局TEXに配置された光送受信器、2はき線点FDPに配置された1xN光スターカブラ、3-1〜3-Nは各加入者SUBに配置された光送受信器、4は電話局TEXの光送受信器1と光スターカブラ2が配置された、き線点FDP間を接続した光ファイバ、5-1〜5-Nは光スターカブラ2の加入者SUB側のN個の各ポートと各加入者SUBの光送受信器3-1〜3-Nとを接続した光ファイバである。また、送受信される信号光の波長 λ_0 は、1.53〜1.56 μm である。

6は電話局TEXに配置された励起光源で、例えば、発振波長1.48 μm (λ_1)の半導体レーザからなり、無変調光(直流光)である励起光を所定の強度(数十mW)で出射する。

7は光ファイバで、励起光源6から出射された励起光が伝搬される。

8は光合波器で、き線点FDPにおいて光ファイバ4を伝搬された信号光と光ファイバ7を伝搬

— 8 —

R SYSTEM", OFC '89 Post, Deadline Paper, PD15-1 参照)。

10は励起光除去用フィルタで、光ファイバ増幅器9と光スターカブラ2の電話局TEX側の1個のポート間に接続されており、信号光は透過させ、励起光は遮断する。

なお、光ファイバ4及び光ファイバ5-1〜5-Nの長さは、通常この種のスター・バス形式の光ファイバ伝送系と同様に、光ファイバの節約のため、大部分を加入者SUBで共用する光ファイバ4で占めるようにし、一方、加入者SUB個別の光ファイバ5-1〜5-Nは短くし、光ファイバ5-1〜5-Nによる信号光の受ける光損失を無視できるように設定してある。

次に、上記構成による動作を説明する。

電話局TEXの光送受信器1から送出された信号光は、光ファイバ4を伝搬される。このとき信号光は、光ファイバ4を伝搬するに伴い、一定の減衰作用を受けて、き線点FDPに到達する。一方、励起光源6から所定の強度をもって出射され

— 10 —

た励起光は、光ファイバ7を伝搬されて、き線点FDPに到達する。

このようにして、き線点FDPに到達した信号光と励起光は、光合波器8に入射されて合波され、この合波光は、光ファイバ増幅器9に入射される。これにより、光ファイバ増幅器9に入射された合波光のうち、励起光によりErが励起され、これに伴い信号光は所定の利得をもって増幅される。

次いで、増幅作用を受けた信号光と励起光は、フィルタ10に入射され、信号光はそのまま透過し、励起光は遮断される。フィルタ10を透過した信号光は、光スターカプラ2の電話局TEX側の1個のポートに入射され、ここでN分岐される。このとき信号光は、光分岐損失を受けるが、後記する理由により、この光分岐損失は補償されている。

次に、これらN分岐された各信号光は、各光ファイバ5-1~5-Nを伝搬されて、加入者SUB側の各光送受信器3-1~3-Nにて受信される。

一方、加入者SUBの光送受信器3-1~3-Nから送出された信号光は、上記とは逆の経路を伝送される。なお、このとき、合流される各信号光は、光ファイバ4を伝搬中に互いに衝突しないように、例えば、TDMA(時分割多元接続)方式が適用される。

次に、第1図の構成において、希土類元素添加光ファイバ増幅器9の有無による、光ファイバ4の適用距離と光分岐数との関係を説明する。

ここで、光送受信器1からの信号光の光出力電力を P_{so} (dBm)、一方、所要品質を満足する加入者SUB側の光送受信器3-1~3-Nにおける最小受光電力を P_{ro} (dBm)、光ファイバ4により信号光が受ける損失を L_4 (dB)、光ファイバ5(1~N)により信号光が受ける損失を L_5 (~0)、光ファイバ増幅器9の最大利得を G (~25dB)とすると、光ファイバ増幅器9が無い場合には下記(3)式のように、一方、光ファイバ増幅器9を構成に付加した場合には、下記(7)及び(8)式のように表すことができ

— 1 1 —

る。但し、下記(1)~(8)式は全て「dB表示」で表した式である。

(光ファイバ増幅器無し)

$$(P_{so} - L_4) - 10 \cdot \log(N) - L_5 \geq P_{ro} \quad \dots (1)$$

$$L_5 \sim 0 \text{ (dB)} \quad \dots (2)$$

$$\begin{aligned} \text{適用距離} + \text{分岐数}(N) &\leq [P_{so} - P_{ro}] \\ [L_4 \text{ 換算}] [10 \cdot \log(N) \text{ 換算}] &\quad \dots (3) \end{aligned}$$

(光ファイバ増幅器有り)

$$(P_{so} - L_4) + G - 10 \cdot \log(N) - L_5 \geq P_{ro} \quad \dots (4)$$

$$L_5 \sim 0 \text{ (dB)} \quad \dots (5)$$

但し、最大値、

$$[(P_{so} - L_4) + G] = P_{so} \quad \dots (6)$$

$$\begin{aligned} \text{適用距離} + \text{分岐数}(N) &\leq [P_{so} - P_{ro}] + G \\ [L_4 \text{ 換算}] [10 \cdot \log(N) \text{ 換算}] &\quad \dots (7) \end{aligned}$$

— 1 3 —

— 1 2 —

$$\begin{aligned} \text{分岐数}(N) &\leq [P_{so} - P_{ro}] \quad \dots (8) \\ [10 \cdot \log(N) \text{ 換算}] &\end{aligned}$$

なお、上記(6)式は、光ファイバ増幅器9の増幅効果に飽和限界があることを表している。即ち、光ファイバ増幅器9の出力は、 P_{so} で飽和することを示している。

第3図は、上記(1)式から(8)式に基づく適用距離と光分岐数(N)との関係を示す図である。第3図において、横軸は光ファイバ4の損失 L_4 (dB)換算での適用距離を、縦軸は光分岐損失 $10 \cdot \log(N)$ (dB)換算での光分岐数(N)をそれぞれ示している。また、①で示す領域が光ファイバ増幅器9を付加し無い場合の使用可能領域、②で示す領域が光ファイバ増幅器9を付加したことにより拡大した使用可能領域である。

第3図から分かるように、光ファイバ増幅器9を、光ファイバ伝送系に付加した場合には、付加し無い場合に比べて、適用距離及び分岐数の使用可能領域は拡大(①→①+②)している。

なお、第1図の構成においては、加入者SUB

— 1 4 —

側から電話局 T E X への信号光に対しても、上記したような効果が得られる。

例えば、光スターカブラとして、光分布結合型単一モード光スターカブラを用いたスター・バス形式の単一モード光ファイバ伝送系の場合、加入者 S U B から電話局 T E X への信号光は、電話局 T E X から加入者 S U B への信号光と同様に、光スターカブラ 2 により、 $10 \cdot \log(N)$ (dB) の光分岐損失を受けるが、光ファイバ増幅器 9 により受けた光分岐損失のうち G (dB) を回復することができる。但し、 $10 \cdot \log(N) \leq G$ の場合には、光ファイバ増幅器 9 が飽和状態となるために、受けた光分岐損失を回復することができる。

以上のように、本第 1 の実施例によれば、 $1 \times N$ 光スターカブラ 2 を用いた光ファイバ伝送系において、光スターカブラ 2 のポート数 1 のポート側に励起光の入射状態に応じて、信号光の増幅を行なう希土類元素添加光ファイバ増幅器 9 を接続したので、光ファイバ伝送路の光損失による強度の低下並びに光スターカブラ 2 による光分岐損失

— 1 5 —

勿論良い。

第 4 図は、本発明に係る光分岐損失補償方式を採用した光ファイバ伝送系の第 2 の実施例を示す構成図である。本第 2 の実施例と前記第 1 の実施例の異なる点は、第 1 の実施例では、信号光を光ファイバ 4 を伝搬させるとともに、励起光を光ファイバ 7 を伝搬させ、き線点 F D P に配置した光合波器 8 にて信号光と励起光とを合波し、光ファイバ増幅器 9 に入射させるように構成したのに対して、以下のように構成したことにある。

即ち、本第 2 の実施例においては、光波長分割多重方式を採用し、光合波器 8 a を電話局 T E X に配置することにより、励起光源 6 による励起光と光送受信器 1 による信号光を光合波器 8 a にて合波した後に、この合波光を光ファイバ 4 を伝搬させ、光ファイバ増幅器 9 に入射させるように構成している。

このような構成にすることにより、前記第 1 の実施例の効果に加えて、電話局 T E X と光スターカブラ 2 間を結ぶ光ファイバを 1 本に集約するこ

— 1 7 —

($10 \cdot \log(N)$) を補償することができ、また、雑音特性が良いため、良好な光通信を実現できる。

さらに、希土類元素添加光ファイバ増幅器 9 は、伝送路用光ファイバ 4 と同様の構造パラメータに設定できるため、伝送路用光ファイバとの結合損失を小さくすることができる。さらにまた、偏波依存がないため偏波保持用の特殊な光回路が不要であり、しかも、短い光ファイバ長で使用できるため、小型にして簡易な構成にて信号光の光損失に対する補償を行ない得る光ファイバ伝送系を実現できる。

なお、本第 1 の実施例では、光ファイバに添加する希土類元素として E r (エルビウム) を例にとり説明したが、これに限定されるものではなく、他の希土類元素を添加した光ファイバ増幅器を用いても、上記したと同様の効果を得られることはいうまでもない。この場合、添加する希土類元素に応じて、励起光の波長は適宜選択される。

また、信号光と励起光を合波する合波手段としては、光合波器 8 に代えて、光カブラを用いても

— 1 6 —

とができ、光ファイバ伝送系のコストの低減を図ることができる。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明によれば、一方のポート数が 1、他方のポート数が N ($N = 2, 3, \dots$) である光スターカブラの 1 個のポート側に、入射される励起光強度に応じてポートにおける入出射光を増幅する希土類元素添加光ファイバ増幅器を接続したので、光ファイバ伝送路の光損失による強度の低下並びに光スターカブラによる光分岐損失を補償することができ、また、雑音特性が良いため、良好な光通信を実現できる。

さらに、希土類添加光ファイバ増幅器は、伝送路用光ファイバと同様の構造パラメータに設定できるため、伝送路用光ファイバとの結合損失を小さくすることができる。さらにまた、偏波依存がないため偏波保持用の特殊な光回路が不要であり、しかも、短い光ファイバ長で使用できるため、小型にして簡易な構成にて信号光の光損失に対する補償を行なえ、しかもコストの低減をも図れる光

— 1 8 —

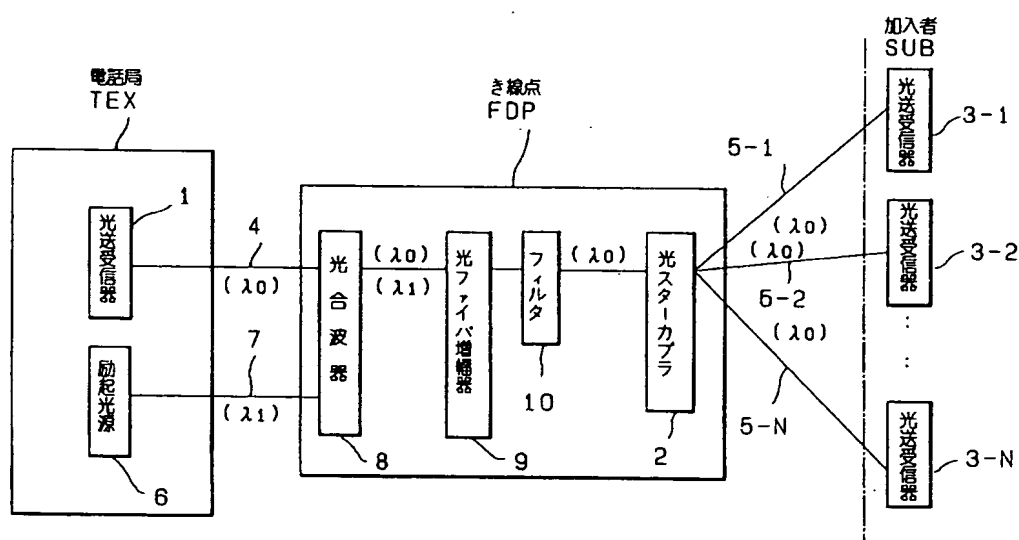
分岐損失補償方式を提供できる利点がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る光分岐損失補償方式を採用した光ファイバ伝送系の第1の実施例を示す構成図、第2図は1×N光スターカプラを用いたスター・バス形式の光ファイバ伝送系の基本構成を示す図、第3図は本発明に係る適用距離と光分岐数との関係を示す図、第4図は本発明に係る光分岐損失補償方式を採用した光ファイバ伝送系の第2の実施例を示す構成図である。

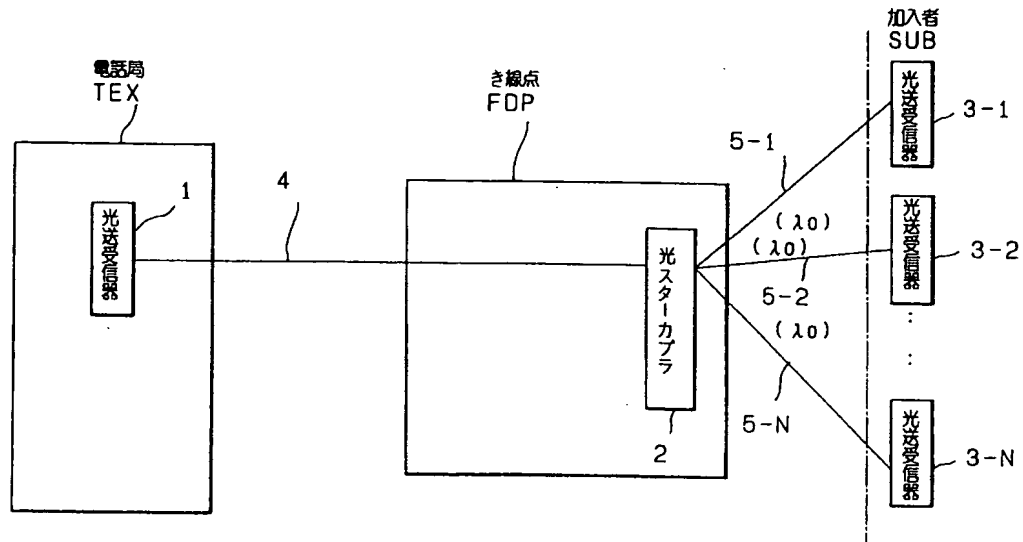
図中、1…電話局TEX側光送受信器、2…光スターカプラ、3-1～3-N…加入者SUB側光送受信器、4、5-1～5-N…伝送路用光ファイバ、6…励起光源、7…励起光用光ファイバ、8、8a…光合波器、9…Er（希土類元素）添加光ファイバ増幅器、10…励起光除去用フィルタ。

特許出願人 日本電信電話株式会社
代理人 弁理士 吉 田 精 孝



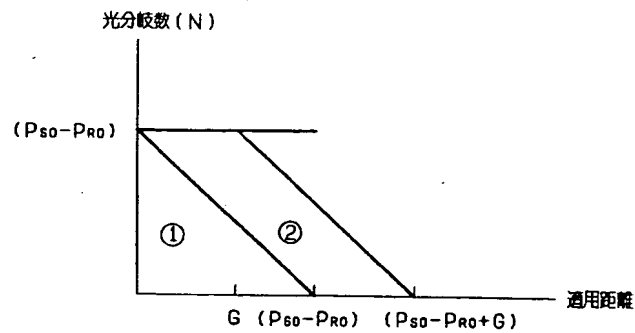
本発明の第1の実施例を示す構成図

第 1 図



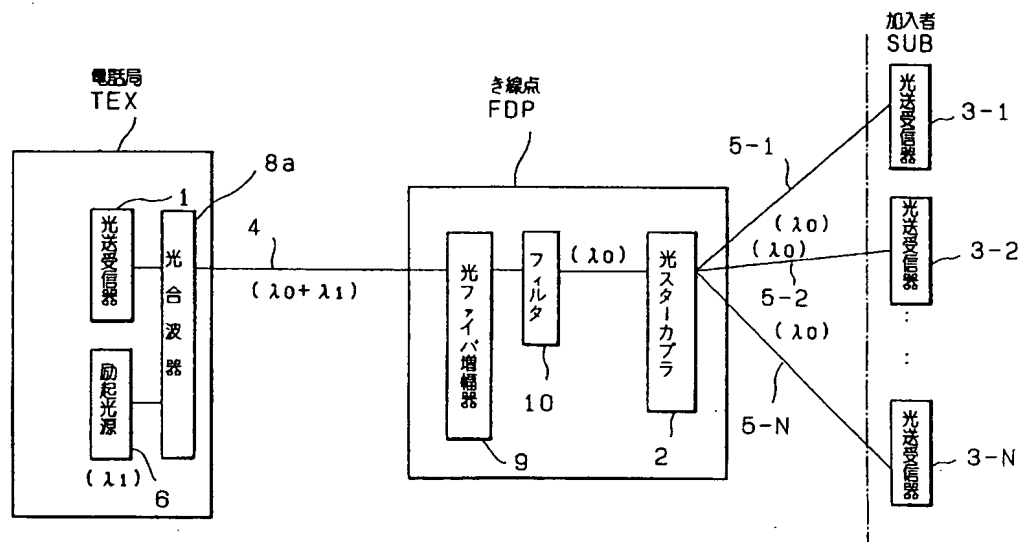
光ファイバ伝送系の基本構成図

第 2 図



本発明に係る適用距離と光分岐数との関係を示す図

第 3 図



本発明の第2の実施例を示す構成図

第 4 図